

# 產業用電節能方法---功率因數之改善

楊正光

台灣大電力研究試驗中心

## 一、背景

近年來，隨著經濟快速的成長，國民所得增加，國人用電量亦大幅的成長，近十年來平均每年用電量成長率 5.9%，至 91 年全國年用電量達 1512 億度。在電力系統中整個用電的結構為工業用電佔 62.2%、商業用電佔 13.0% 住宅用電佔 24.8%，其中仍然以工業用電佔大多數。

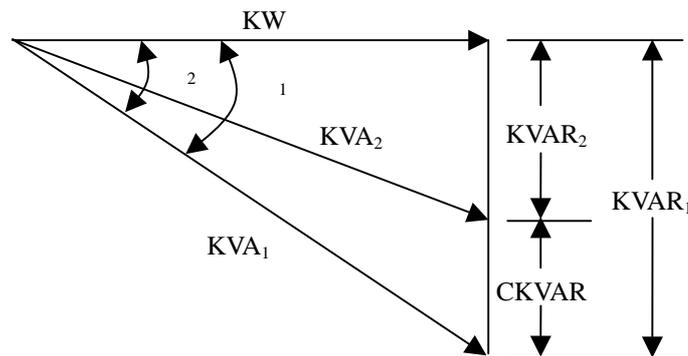
由於工業用電之負載以電動機等電感性負載居多，因之在電力系統中會產生滯後之無效電力，無效電力是一種電力損失，依據台電公司之統計資料，電力用戶功率因數低於 80%之用戶約 67,420 戶以上，如能提高功率因數至 95%，估計每年可減少無效電力損失達 2.3 億度以上。再從能源查核資料顯示，電力用戶功率因數亦列為最具潛力之改善項目。因之產業界欲做好節約能源，減輕電費負擔，功率因數之改善實不可輕易忽視。

## 二、原理

電力系統中當接上用電負載時，由於用電負載多數為電感性如電動機等設備會產生滯後電流，使電流落後電壓 90 度相角，因之其產出之功率被區分為有效功率(KW)與無效功率(KVAR)兩部分，兩者之和即總輸出功率稱為視在功率(KVA)。無效電力使電機設備之產出功率降低並且會造成線路損失增加，最簡單迅速有效的改善方法就是加裝電容

器，電容器為電容性負載，會產生越前電流，較電壓越前 90 度相角，剛好可以抵消電感性之無效電力，使電機設備之總產出功率成為有效功率，如此可以減少電力系統之損失，如圖 2-1 所示，用戶亦因此可減少電費之支出。

圖 2-1 改善功率因數向量圖



有效電力(KW) = 視在功率(KVA) × cos

無效電力(KVAR) = 視在功率(KVA) × sin = 有效電力(KW) × tan

改善所需無效電力(KVAR) = 有效電力(KW) × (tan<sub>1</sub> - tan<sub>2</sub>)

### 三、應用

#### (一)、提高功率因數之效益

裝設電容器提高功率因數除可獲得減少電源供給之無效電流的主要好處外，尚可得到改善電壓、減少線路損失、增加系統容量等多項益處。另外在電費負擔上因功率因數條款，當功率因數超過百分之八十時，當月份電費減少千分之 1.5，可使電費支出減少。分別敘述如下：

## 1. 減少線路電流

在負載有效電力(KW)不變之下，裝設電容器可減少線路上之無效電流。

$$\text{改善後之負載電流}(I_2 = \{ (I_1 \cos \phi_1)^2 + (I_1 \sin \phi_1 - I_c)^2 \}^{1/2}$$

$I_1$ ：未裝設電容器時之線路電流

$I_2$ ：裝設電容器後之線路電流

$I_c$ ：電容器產生之越前電流

## 2. 改善電壓

裝設電容器後由於線路電流降低，因而線路上之電壓降減少，使得電容器後端部分之電壓上升。

$$V_c = I_c X$$

$X$ ：線路阻抗

$$V\% = \text{KVAR} \times X / 10(\text{KV})^2$$

## 3. 線路損失減少

線路損失與線路中總電流之平方成正比，因之可減少線路損失。線路損失之減少=原損失  $\{ 1 - (\text{原功率因數} / \text{改善後之功率因數})^2 \}$ 。

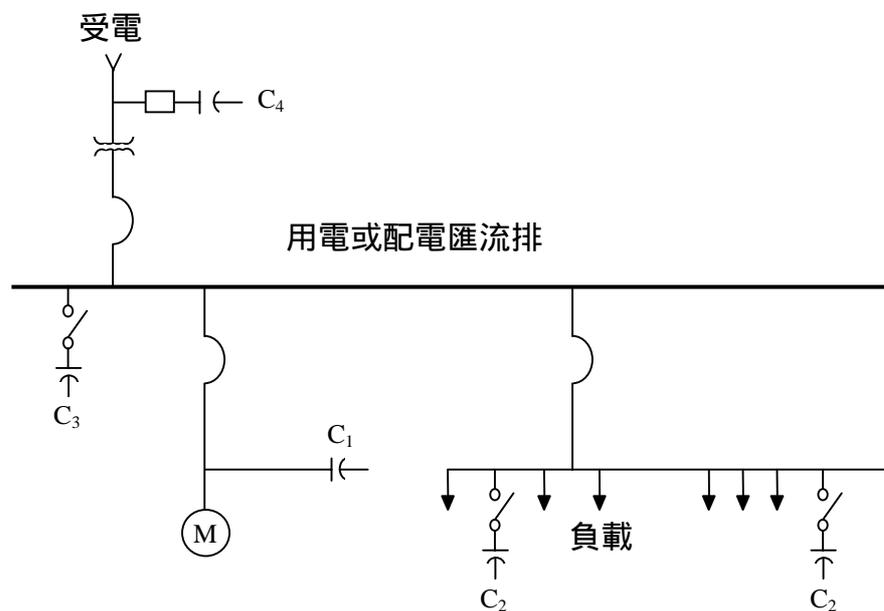
## 4. 系統容量之增加

系統中因裝設電容器使線路上之無效電流減少，其負載電流亦減少，如果系統的容量一定，改善功率因數可增加負載，即增加系統容量。此部分可增加之負載稱為「容量釋放量」(Amount of Capacity Released)。

## (二)、電容器裝設之位置

裝設電容器以提高功率因數主要係因無效電力(KVAR)減少而獲得利益，因此電容器裝設之位置應儘量靠近負載處，才能得到實際效果，如圖 2-2 所示為電容器可能裝設之四個位置，最理想的位置為  $C_1$  其次為  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  依次排列。

圖 2-2 電容器裝設之位置



## 四、案例

某工廠契約容量 300KW，每月用電量 72000 度，經測量其功率因數為 0.7，主變容量 11.4KV/220v 400KVA 阻抗 5.5%，經檢討後加裝低壓電容器 150KVAR，改善後之功率因數提高至 0.9，分析所獲得之利益如下：

### 1. 節省電費

PF = 0.7 提高為 PF = 0.9

每月節省電費 7200 元

## 2. 增加釋放容量

$$\text{釋放容量} = 300 \times \{ (0.9 - 0.7) / 0.7 \} = 85\text{KW}$$

## 3. 減少線路損失

$$\text{減少線路損失率} = 1 - (0.7 / 0.9)^2 = 0.395$$

$$3600\text{KWH} \times 0.395 = 1422\text{KWH}$$

## 4. 提高電壓

$$v\% = (150 \times 5.5) / 400 = 2.1$$

$$220 + 220 \times 2.1\% = 224.5\text{v}$$

本案投資金額 25000 元

投資回收年限 =  $25000 / 7200 = 3.5$  月，值得投資改善。

## 五、結論

1. 台灣自產能源缺乏，97%能源仰賴國外進口，因之國人應有共識，節約能源為全民之目標，提高功率因數為節省用電最經濟有效方法之一，工廠用電應充分的運用。
2. 一般用戶裝設電容器往往僅考量到簡便，在一次側裝設後獲得減少電費即以為改善，事實上應檢討裝設在接近負載中心，才能獲得真正減少損失之效果。
3. 功率因數之改善原則上應能達到 0.95 以上，為能有效控制，最好採用部分裝設固定式電容器組，部分採用以無效電力控制之電容器組，如此可獲得較佳之控制組合。